

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 1 月 6 日 (06.01.2005)

PCT

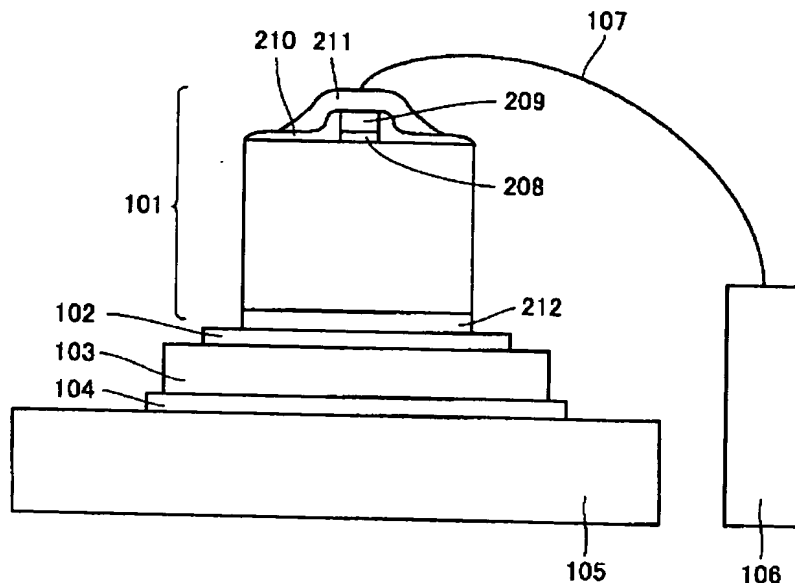
(10) 国際公開番号
WO 2005/002012 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01S 5/022
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008604
- (22) 国際出願日: 2004 年 6 月 18 日 (18.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-187318 2003 年 6 月 30 日 (30.06.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山本 秀一郎 (YAMAMOTO, Shuichiro) [JP/JP]; 〒7230052 広島県三原市皆実 1-17-6 リュミエール三原 410 Hiroshima (JP). 小河 淳 (OGAWA, Atsushi) [JP/JP]; 〒6350085 奈良県大和高田市片塩町 3-6 メゾンカウベ 203 Nara (JP). 石田 真也 (ISHIDA, Masaya) [JP/JP]; 〒6340802 奈良県橿原市新口町 73-5 Nara (JP). 神川 剛 (KAMIKAWA, Takeshi) [JP/JP]; 〒7230003 広島県三原市中之町 4123-1 パークヒルズ熊野 703 Hiroshima (JP).
- (74) 代理人: 深見 久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300054 大阪府大阪市北区南森町 2 丁目 1 番 29 号 三井住友銀行南森町ビル 深見特許事務所 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 窒化物系半導体発光装置およびその製造方法



(57) Abstract: Disclosed are a nitride semiconductor light-emitting device having excellent reliability and long life and a method for manufacturing such a nitride semiconductor light-emitting device. A nitride semiconductor light-emitting chip is mounted on a submount (103) in which chip a nitride semiconductor layer and a first electrode (211) are formed on the front surface of a conductive substrate and a second electrode (212) is formed on the back surface of the conductive substrate. The submount (103) mounted with the nitride semiconductor light-emitting chip is mounted on a stem (105), thereby forming a nitride semiconductor light-emitting device.

(57) 要約: 優れた信頼性と長寿命とを有する窒化物系半導体発光装置およびその製造方法を提供する。導電性基板の表面の上に窒化物系半導体層、第 1 の電極 (211) を形

[続葉有]



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

成し、導電性基板の裏面に第2の電極(212)を形成した窒化物系半導体発光素子チップをサブマウント(103)上にマウントし、さらに窒化物系半導体発光素子チップがマウントされたサブマウントをステム(105)上にマウントさせて窒化物系半導体発光装置を形成させる。

明 細 書

窒化物系半導体発光装置およびその製造方法

技術分野

- [0001] 本発明は、高出力時においても、高い信頼性を有し、かつ長寿命である窒化物系半導体発光装置およびその製造方法に関する。

背景技術

- [0002] 近年、半導体発光装置に用いるLED(発光ダイオード)や半導体レーザ等用の短波長の発光素子材料として窒化物系半導体を用いるための開発が行なわれている。本明細書にいう半導体発光装置とは、LEDチップや半導体レーザチップのような発光素子チップをヒートシンク等の支持基体であるマウント部材に搭載し、一体化したものを指し、たとえば半導体レーザチップを搭載したものは半導体レーザ装置という。LEDチップに対しては既に窒化物系半導体が実用化されているが、半導体レーザチップに対して窒化物系半導体を用いる場合には、信頼性の向上、高温特性の向上、高出力化等の課題を解決する必要がある。半導体レーザ装置においては、動作時の温度上昇による発光部分の劣化を防止するため、高い放熱効率が必要である。したがって、半導体レーザチップを支持基体に対して熱伝導性良くマウントすることが重要である。
- [0003] マウントの方法は、積層体が形成されたチップの基板側を支持基体に設置するジャンクションアップ方式、積層体が形成されたチップの成長層側を支持基体に設置するジャンクションダウン方式の2種類に大別できる。ジャンクションダウン構造では、発熱の大きい活性層と支持基体との距離が近いこと放熱効率に優れるが、マウントプロセスが困難であるため歩留まりが低下する。一方ジャンクションアップ構造の場合、基板裏面に形成した電極構造側をサブマウントに対向させた状態でサブマウントおよびシステムに順次マウントを行うため、マウントプロセスは比較的容易であるが、活性層と支持基体との距離は大きくなり、放熱効率が低い。そのため、半導体レーザの出力が増大すると活性層の発熱も著しく増加し、信頼性および寿命に対して悪影響を与える。放熱性、発光素子の電流-電圧特性を確保するためには、サブマウント、ス

テム、ハンダ材等のマウント部材、およびn型電極材料には適切な材料を選択しなければならない。しかし、優れた放熱性を有し、かつ発光素子の特性に悪影響を与えないマウント部材およびマウント構造は未だ確立されておらず、十分な信頼性と寿命を得るには至っていない。

[0004] 導電性基板を用いた半導体発光装置において電極特性を向上させる方法としては、たとえば、支持基体と、該支持基体上に積載され、GaN基板上に窒化物系系半導体の積層体を設けた半導体発光素子を有する半導体発光装置において、GaN基板の該積層体を設けた面と反対側の面に、GaN基板とオーミック接合を取ることが可能な材料からなりN型電極として機能する第1の金属膜と、高融点金属からなりバリア層として機能する第2の金属膜と、ハンダと混合し易い材料からなる第3の金属層とを備え、該第3の金属層と該支持基体との間にハンダを有する構造の半導体発光装置とする方法が提案されている(特許文献1)。この方法では、電極がGaN基板と良好なオーミック接合を取ることが可能であり、電極特性を向上させることができる。しかし、半導体発光装置を高出力で用いた場合に生じる半導体発光素子の発熱に対して、放熱性は十分でなく、信頼性、寿命は十分とは言えない。

[0005] 一方、半導体発光装置において半導体発光素子チップの主表面を曲面、特に、基板上に形成された窒化物系化合物半導体を有する機能層から見て基板側を凸形状とする方法も提案されている(特許文献2)。この方法では、半導体発光素子チップの表面を一定の形状にすることによって不良品率を低下させることができるが、半導体発光装置を高出力で用いた場合の半導体発光素子チップの発熱に対して、放熱性は十分でなく、得られる寿命は十分とは言えない。

特許文献1:特開2002-134822号公報

特許文献2:特開2003-31895号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は、上記の課題を解決し、高出力で用いた場合にも優れた信頼性および長寿命を有する窒化物系半導体発光装置とその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、導電性基板表面に窒化物系半導体層、第1の電極が順次形成され、導電性基板裏面に第1の電極と異なる導電型を有する第2の電極が形成されてなる窒化物系半導体発光素子チップを、第2の電極側をサブマウントに対向させた状態で第1のハンダ材を介してサブマウント上にマウントし、窒化物系半導体発光素子チップがマウントされたサブマウントを第2のハンダ材を介してステム上にマウントすることを特徴とする窒化物系半導体発光装置とその製造方法に関する。

[0008] 本発明において、半導体発光装置とは、LEDチップや半導体レーザ素子チップのような発光素子チップをヒートシンク等の支持基体であるマウント部材に搭載し、一体化したものを指し、たとえば半導体レーザ素子チップを搭載したものは半導体レーザ装置という。また、マウント部材とは半導体発光素子チップを直接搭載するための部品を意味し、サブマウント、あるいはサブマウントを用いず支持基体に直接搭載する場合にはステム、フレーム、パッケージ等を指す。なお、第1の電極と第2の電極とは異なる導電型を有するが、第1の電極がp型、第2の電極がn型の場合、および第1の電極がn型、第2の電極がp型の場合のいずれも含む。本発明の窒化物系半導体発光装置は、窒化物系半導体発光素子チップをサブマウント上にマウントし、さらにステム上にマウントすることにより、活性層およびその周辺からの発熱に対して優れた放熱効率を有し、かつ高いマウント強度を確保することで、高信頼性、長寿命を確保できるものである。

発明の効果

[0009] 本発明においては、窒化物系半導体発光素子チップとマウント部材との密着強度が高く、かつ放熱性に優れるマウント構造とすることによって、高出力で用いた場合にも優れた信頼性を有し、かつ長時間の寿命特性を有する窒化物系半導体発光装置の製造が可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一形態である半導体レーザ装置の断面図である。

[図2]本発明の一形態である半導体レーザ装置の斜視模式図である。

[図3]半導体レーザ装置におけるレーザ素子構造を示す断面図である。

[図4]半導体レーザ装置におけるレーザ構造を示す断面図である。

符号の説明

- [0011] 101 半導体レーザ素子チップ、102 第1のハンダ材、103 サブマウント、104 第2のハンダ材、105 ステム、106 ピン、107 ワイヤ、108 ステム全体、201 導電性基板、202 n型GaN層、203 n型クラッド層、204 n型光ガイド層、205 活性層、206 キャリアブロック層、207 p型光ガイド層、208 p型クラッド層、209 p型コンタクト層、210 SiO₂膜、211 第1の電極、212 第2の電極。

発明を実施するための最良の形態

- [0012] 本発明の窒化物系半導体発光装置の典型的な構成について、半導体レーザ装置を例に説明する。なお以下に説明する半導体レーザ装置において、電極の導電型をp型あるいはn型と限定して述べる箇所があるが、発明を理解し易くするために実施の一形態を提示するに過ぎず、本発明において導電型をこのように限定する意図ではない。
- [0013] 図1および図2に示すように、導電性基板表面に窒化物系半導体層、第1の電極が順次形成され、導電性基板裏面に第2の電極が形成された窒化物系半導体レーザ素子チップ101が、第2の電極212をサブマウント103に対向させた状態で第1のハンダ材102を介してサブマウント103の上にマウントされ、そのサブマウントが、サブマウント側を支持基体であるステム105に対向させた状態で第2のハンダ材104を介してステム105にマウントされている。さらにステムのピン106と第1の電極211がワイヤ107で電氣的に接続され、半導体レーザ装置が構成されている。以下に本発明の窒化物系半導体発光装置の典型的な例である半導体レーザ装置における本発明の実施の形態を説明する。
- [0014] <半導体レーザ素子チップの製造>
- 図3において、まず、導電性基板201の上に、MOCVD法等の半導体素子の製造に一般的に用いられる方法によって、たとえばn型GaN層202、n型クラッド層203、n型光ガイド層204、活性層205、キャリアブロック層206、p型光ガイド層207、p型クラッド層208、p型コンタクト層209を順次積層してなる窒化物系半導体層を設けたレーザ素子構造を得る。

- [0015] 本発明には、基板として導電性基板を用いる。導電性基板を用いることによって、窒化物系半導体層中の活性層およびその周辺で生じる熱が、基板を介してマウント部材へと効率よく放熱される。本発明に用いる導電性基板としては熱伝導率が高い材料が好ましく、たとえば窒化物系半導体層を成長させる基板として一般的に用いられるサファイアは、熱伝導率が低いいため好ましくない。導電性基板上に成長される窒化物系半導体層の厚みは数 μm 程度であるのに対して、導電性基板の厚みは研削・研磨が行われた後でも数百 μm であるため、導電性基板の熱伝導率が悪いと、窒化物系半導体層から基板を介してマウント部材へ行なわれる熱の伝播の効率が悪く、半導体レーザ素子の放熱効率が低下するからである。
- [0016] 熱伝導率が高い導電性基板としては、GaN(窒化ガリウム)、SiC(炭化珪素)、ZnO(酸化亜鉛)等があるが、特にGaN等の窒化物系半導体基板を好ましく用いることができる。この場合、効率的に放熱を行うことができる。また窒化物系半導体基板は例えばサファイアと比べて成長層との格子定数差が小さく、成長層の結晶性の向上が可能となるため、素子特性、信頼性を向上させることができる。さらに、たとえばサファイアを基板に用いた場合、サファイアは不導体であるため、素子構造は上面にn型、p型電極を配置した横型構造とならざるを得ないが、窒化物系半導体基板ではドーピングを行って導電性を持たせることが可能であるため、本発明のように素子構造を縦型とすることができ、素子形成プロセスの簡略化が可能である。
- [0017] 次に、半導体レーザ装置の作製方法について説明する。図4において、窒化物系半導体層の上に第1の電極211を形成させ、さらに基板裏面に第2の電極212を形成させてレーザ構造を作製する。p型コンタクト層209をたとえば $2\mu\text{m}$ 幅のストライプ状に残し、それ以外の部分について、ドライエッチング等によりp型クラッド層208までエッチングして光導波路を形成させる。続いて絶縁膜として SiO_2 膜210を蒸着し、リッジ上部の SiO_2 を除去した後、p型コンタクト層209部分に、たとえばPd、Mo、Auを順次積層した第1の電極211を形成させる。上記でPd、Moの積層構造に代えて、Pd、Co、Cu、Ag、Ir、Sc、Au、Cr、Mo、La、W、Al、Ti、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Tb、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Pt、Niのうちの少なくとも1つの単体または化合物からなる層とすることができる。また、Auの層に代えて、Au、Ni、Ag、Ga、In、Sn

、Pb、Sb、Zn、Si、Ge、Alのうちの少なくとも1つの単体または化合物からなる層とすることができる。

[0018] 第1の電極にはこの後電極アロイによる合金化を行ってもよい。合金化を行うことによって良好なオーミック特性を有する電極を形成させることができる。

[0019] 次に、導電性基板201に対して研削、研磨を行う。研削は、作製した半導体レーザ素子を各々のチップに分割するために必要な工程であり、基板を研削して薄くすることにより、チップへの分割を容易にする。研磨は、研削後の基板裏面に発生している多数の傷を除去して基板裏面を平坦化するために必要な工程であり、研磨を行わずに基板裏面に電極を形成した場合、密着強度が弱く、電極剥がれ等を引き起こす。

[0020] 研削は、研削機を用い、導電性基板裏面をたとえば200 μm 程度になるまで削ることにより行なうことができる。研磨は、たとえばダイヤモンドスラリー等を用いて平坦化を行った後、アルミナ等の研磨剤と研磨布によって仕上げを行って研磨面を鏡面化することにより行うことができる。

[0021] 研磨後の導電性基板裏面については、ドライエッチング等の前処理によって導電性基板裏面に残存するダメージ層を除去してから第2の電極を形成させることが好ましい。これにより良好なオーミック特性を有する電極を形成することができる。ドライエッチングの条件としては、塩素等のハロゲンガスを反応性ガスとして用いるRIE処理等により導電性基板表面を0.1～3.0 μm エッチングする方法等を適用できる。特にエッチング量が0.5～3.0 μm の場合には、表面のダメージ層を完全に除去でき、かつRIE処理による基板の表面荒れも生じない。ダメージ層が除去されることによって、基板と電極間で良好なオーミック接触を形成することが可能となる。ここで、反応性ガスとして塩素ガスを用いた場合、導電性基板の表面を改質して導電性を向上させる効果を有するため特に好ましい。

[0022] このようにして平坦化された導電性基板裏面に、第2の電極212を形成させる。第2の電極は、複数の金属層から形成される電極構造とすることが好ましい。本発明の窒化物系半導体発光装置のように素子が縦型構造である場合、導電性基板の裏面に第2の電極を形成する際には、電極がオーミック特性に優れ、かつマウント部材との密着性にも優れることが必要となる。そこで、たとえば、オーミック特性を与える金属と

して機能する第1の層、第1の層と第3の層の間であって、両層の金属の混合を防止するバリア金属として機能する第2の層、ボンディング金属として機能する第3の層、の積層構造とすることにより、オーミック特性とマウント特性の両方を満たす電極を得ることができる。上記の層は、各々が単層でも、複数層で構成されていてもよい。また、各層が上記の機能を有する限り、別の機能を有する層を各層にさらに含ませることもできる。

[0023] 第1の層は、電極に良好なオーミック特性を与えるための層であり、たとえば、Hf、Co、Cu、Ag、Ir、Sc、Au、Cr、Mo、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Tb、Zr、Ti、V、Nb、Ta、Ptのうち少なくとも1つを単体でまたは化合物で用いる層と、Al、Au、Ni、Ag、Ga、In、Sn、Pb、Sb、Zn、Si、Geのうち少なくとも1つを単体でまたは化合物で用いる層とを含む積層構造とすることができる。特に、Ti、Hf、Alのうち2種類以上の金属を含む場合に優れたオーミック特性を与えることができ、さらにHfAlを用いることが好ましい。またHfAlは、HfとAlを順次形成後、電極アロイを行って合金化することで、良好なオーミック接触を形成することができる。この場合、Hfの厚みが1〜30nm、Alの厚みが30〜500nmであれば基板と電極との界面での接合強度が強いため好ましい。また、HfとAlを用いる方法以外に、HfとAlとGaNとの化合物等を1層、または2層以上積層した構造とする方法を用いてもよい。電極アロイは、450〜700℃、特に500℃の温度条件で、真空中、もしくはN₂等の不活性ガス中で行うことができる。

[0024] 第2の層はバリア金属として機能する層であり、第3の層は、良好なオーミック特性を与える電極金属を密着性良くサブマウントと接合するための層である。第2の層としては、Mo、Ptの2層構造、第3の層としては、Auを用いることが好ましい。

[0025] 第2の層の効果は、第1の層と第3の層の金属が接して合金化することによるオーミック特性の低下を防止するバリア層としての効果であり、特にMo、Ptの順で形成された積層構造であることが好ましい。Moは高融点金属であるため拡散しにくく、第1の層のAlと第3の層のAuとが接することによる合金化を防止する効果を有する。またPtはMoと第3の層のAuに若干量拡散することが可能であり、第1の層と第2の層、第2

の層と第3の層との密着強度を向上させる効果を有する。

[0026] Moの厚みが5nm～100nmである場合、Mo層に他の金属が拡散することができないため好ましい。

[0027] 第3の層としては、ハンダ材との親和性が強いAuを用いることが好ましい。Auを用いた場合には、半導体レーザ素子を密着性良くサブマウント上に搭載できるため、電極剥がれを効果的に防止することができる。Auの厚みは50～750nm、特に100～500nmとすれば、ボンディング層として良好に機能する。

[0028] なお第2の導電性を有する電極の形成には、たとえばEB蒸着法を好ましく用いることができるが、スパッタ等により形成してもよい。

[0029] 形成されたレーザ構造に対し、劈開によってたとえば共振器長を300～1500 μ mとしてレーザ端面を形成することができる。レーザ端面の形成方法は劈開に限定されず、エッチング等を含めたいずれかの公知の方法によって、半導体レーザ素子が複数連なったストリップ状の断片を得る。

[0030] 断片は、スクライブ法、ダイジング法、レーザスクライブ法等の公知の方法によって半導体レーザ素子チップに分割する。たとえばスクライブ法では、導電性基板の裏面側からスクライブラインを入れ、これに沿って導電性基板を分割する。以上で半導体レーザ素子チップが完成する。

[0031] <マウント>

マウントは、半導体レーザ素子チップをサブマウント上へマウントするサブマウント工程と、サブマウントをさらにステム上にマウントするマウント工程の2工程にて行い、半導体レーザ装置を製造する。本発明において、マウント構造は、半導体レーザ素子で発生する熱を効率的に除去し、信頼性を確保する点から、サブマウントを用いた構造とすることが好ましい。この場合、半導体レーザ素子の活性層およびその周辺部で発生した熱は導電性基板へと伝播する。導電性基板はハンダ材を介して熱伝導率が高い材料からなるサブマウント上にマウントされているため、導電性基板に伝導した熱はハンダ材を介して効率的にサブマウントへと伝導される。

[0032] サブマウント材料は導電性基板よりも高い熱伝導率を有することが望ましく、この点から、AlNを好ましく用いることができる。AlNは、強度が十分であれば、単結晶、多

結晶、アモルファス等のいずれの状態でもよく、厚みは、100〜750 μm 程度の厚みがあればよい。

- [0033] サブマウント工程、マウント工程においては、半導体レーザ素子チップとサブマウント、およびサブマウントとステムをハンダ材で接合する。ここでハンダ材とは接合用の合金または、単体の金属である。接合方法は限定されないが、いわゆるダイボンディングによって以下のように行うことができる。たとえばサブマウント工程の場合、サブマウント上にあらかじめハンダ材を設け、半導体レーザ素子チップをハンダ上の所定の位置に設置した後、サブマウントを加熱してハンダ材を融解させる。この状態で半導体レーザ素子チップに圧力を加えてサブマウントと接合させた後、降温してハンダ材を固化させる。この方法によれば、半導体レーザ素子チップとサブマウントを熱伝導性よく接合することができる。なおマウント工程においてもサブマウント工程と同様の方法で接合を行うことができる。
- [0034] 図1において、まず、サブマウント103の所定位置に、第1のハンダ材102をたとえば3 μm 程度形成する。第1のハンダ材102の上に、半導体レーザ素子チップ101の第2の電極212側を第1のハンダ材102に対向させた状態で設置し、サブマウント103を第1のハンダ材102の融点以上に加熱してハンダ材を融解させ、サブマウント103と半導体レーザ素子チップ101とを接合し、降温して第1のハンダ材102を固化させる。
- [0035] 続いて、ステム105の所定位置にハンダ材104を形成させる。
- [0036] 第2のハンダ材104の上に、上記で半導体レーザ素子が形成されたサブマウント103のサブマウント側を第2のハンダ材104に対向させた状態で設置し、第2のハンダ材104の融点以上に加熱して第2のハンダ材104を融解させ、ステム105とサブマウント103とを接合し、降温してハンダ剤を固化させる。
- [0037] 第1のハンダ材には $\text{Au}_{0.8}\text{Sn}_{0.2}$ を用いることができるが、AuSn以外にも、SnSb、SnAg、SnAgCu、InSn、InAg、In等を用いることが可能である。AuSnを用いた場合、AlNサブマウントと半導体レーザ素子チップとの密着性を大幅に向上できる。
- [0038] 第2のハンダ材には、AlNサブマウントとステムとを強固に密着させることが可能である材料を好ましく用いることができ、たとえばSnAgCu、AuSn、SnSb、SnAg、Sn

Sb、InSn、InAg、Sn、もしくはInのうち少なくとも1つを含むものを好ましく用いることができる。特に $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ 、Inを好適に用いることができる。

[0039] また、マウント強度の観点から、第2のハンダ材の融点は、第1のハンダ材の融点と同程度以下であることが好ましい。

[0040] サブマウントとハンダ材との間、ステムとハンダ材との間には、種々の公知の方法により別の層を介在させてもよい。介在させる層としては、サブマウントまたはステムとハンダ材との密着性を向上させるための層、サブマウントまたはステムとハンダ材との反応性を抑制するための層等が挙げられる。これらは単層でも複数層の積層として介在させてもよい。

[0041] <ボンディング>

次に、ピン106と半導体レーザ素子チップの第1の電極211とをワイヤ107によって接続し、半導体レーザ素子チップとステムとの電気的な接続を行う。ワイヤ107には、好ましくはAuの細線を用い、ワイヤボンディング装置を使用してボンディングを行う。最後に、素子特性の劣化を防止するため、好ましくは窒素ガス等の不活性ガスを封入した状態でステムにキャップを取り付ける。

[0042] 以上の方法によって、本発明の一例としての半導体レーザ装置が完成する。次に、半導体レーザ装置の製造における本発明の実施の形態について説明する。

[0043] (実施の形態1)

<半導体レーザ素子チップの製造>

導電性基板201としてGaN基板をMOCVD装置内に導入し、 N_2 と NH_3 （アンモニア）をそれぞれ流量5L/minで流しながら1050℃まで昇温する。温度が上がった後、キャリアガスを N_2 から H_2 に代え、TMG（トリメチルガリウム）を流量100 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 、 SiH_4 （シラン）を流量10nmol/minで導入して、n型GaN層202を4 μm の厚みで成長させる。その後、TMGの流量を50 $\mu\text{mol}/\text{min}$ に調整し、TMA（トリメチルアルミニウム）を流量40 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 導入して、n型クラッド層203として $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ を0.5 μm の厚みで成長させる。 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ の成長が終了した後、TMAの供給を停止し、TMGを100 $\mu\text{mol}/\text{min}$ に調整して、n型光ガイド層204としてGaNを0.1 μm の厚さになるように成長させる。その後、TMG、 SiH_4 の供給を停止して、キャリアガスを

H_2 から N_2 に再び代え、700℃まで降温して、インジウム原料であるTMI(トリメチルインジウム)を流量 $10 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、TMGを流量 $15 \mu\text{mol}/\text{min}$ で導入し、 $\text{In}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{N}$ よりなる障壁層を4nmの厚みで成長させる。その後、TMIの供給量を $50 \mu\text{mol}/\text{min}$ に増加させ、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ よりなる井戸層を2nmの厚みで成長させる。井戸層は、同様の手法で合計3層成長させ、3層の井戸層の各々が計4層の障壁層で挟まれた構造のMQW(多重量子井戸)である活性層205を成長させる。MQWの成長が終了した後、TMIおよびTMGの供給を停止し、再び1050℃まで昇温して、キャリアガスを再び N_2 から H_2 に代えて、TMGを流量 $50 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、TMAを流量 $30 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、p型ドーピング原料である Cp_2Mg (ビスシクロペンタジエニルマグネシウム)を流量 $10\text{nmol}/\text{min}$ で流し、p型のキャリアブロック層206として $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ を20nmの厚みで成長させる。キャリアブロック層の成長が終了した後、TMAの供給を停止し、TMGの供給量を $100 \mu\text{mol}/\text{min}$ に調整して、p型光ガイド層207としてGaNを $0.1 \mu\text{m}$ の厚みで成長させる。その後、TMGの供給量を $50 \mu\text{mol}/\text{min}$ に調整し、TMAを流量 $40 \mu\text{mol}/\text{min}$ で導入し、p型クラッド層208として $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ を $0.4 \mu\text{m}$ の厚みで成長させ、最後に、TMGの供給を $100 \mu\text{mol}/\text{min}$ に調整して、TMAの供給を停止し、p型コンタクト層209としてGaNを $0.1 \mu\text{m}$ の厚みで成長させる。その後、TMGおよび Cp_2Mg の供給を停止して降温し、室温で基板をMOCVD装置より取り出して、レーザ素子構造が完成する。

[0044] MOCVD装置から取り出したレーザ素子構造を用い、レーザ構造を作製する。まず、ドライエッチング装置を用いて、p型コンタクト層209を、幅 $2 \mu\text{m}$ のストライプ状に残してp型クラッド層208までエッチングを行い、光導波路を形成する。次に絶縁膜として SiO_2 膜210の蒸着を行い、その後、リッジ上部の SiO_2 を除去したのち、p型コンタクト層209の部分にPdを15nm、Moを15nm、Auを200nmの厚みで順次蒸着して、第1の電極211としてp型電極を形成する。p型電極の作製が終わった後、真空中、500℃で10分間の電極アロイを行う。

[0045] 次に、導電性基板201であるGaN基板に対して研削、研磨を行う。まず、研削機を用いてGaN基板裏面を厚さが $200 \mu\text{m}$ 程度になるまで削る。次いで、研削を行ったGaN基板裏面をダイヤモンドスラリーを用いて平坦化し、最後にアルミナを研磨剤と

して研磨布による仕上げを行い、表面を鏡面化する。

[0046] さらに、GaN基板裏面に対して塩素プラズマによるRIE処理を行う。RIE処理は、圧力が45mtorr、塩素流量が80ccmの条件で行い、GaN基板裏面の研磨面に対して深さが約1 μ mのドライエッチングを行う。

[0047] 次に、GaN基板裏面に第2の電極212としてn型電極を形成させる。電極の形成にはEB蒸着装置を用いる。まずオーミック層の形成のために、Hfを5nm、次いでAlを150nmの厚みで蒸着し、真空中500°Cで3分間の電極アロイを行って電極金属とGaN基板とを一部合金化し、第1の層とする。その上に、第2の層としてMoを30nm、Ptを15nmの厚みで順次積層したバリア金属層を形成し、さらにその上に第3の層として250nmの厚みでAuを蒸着したボンディング金属層を形成する。

[0048] 以上の方法で、GaN基板に半導体レーザ素子が搭載されたレーザ構造を作製し、スクライブ法を用いて複数のチップに分割する。GaN基板の裏面側からスクライブラインを入れ、基板に力を加えることで、スクライブラインに沿って半導体レーザ素子の分割を行い、各々の半導体レーザ素子チップとする。

[0049] <マウント>

次に、半導体レーザ素子チップを支持基体上にマウントする。マウントは、半導体レーザ素子チップをサブマウント上に設置するサブマウント工程、該サブマウントを支持基体であるステムに設置するマウント工程、の2つの工程によって行う。

[0050] サブマウント工程においては、AlNからなるサブマウント103の上の所定位置に、EB蒸着法を用いて、第1のハンダ材102として $\text{Au}_{0.8}\text{Sn}_{0.2}$ ハンダを3 μ mの厚みで形成する。 $\text{Au}_{0.8}\text{Sn}_{0.2}$ ハンダの上に、 $\text{Au}_{0.8}\text{Sn}_{0.2}$ ハンダと第2の電極212を対向させた状態で半導体レーザ素子チップをアライメントして設置する。この状態でサブマウントを300°Cに加熱して第1のハンダ材を融解させ、半導体レーザ素子チップに圧力を加えて接合、固定する。その後降温して第1のハンダ材を固化させ、サブマウント工程が終了する。

[0051] マウント工程においては、半導体装置の支持基体であるステム105にサブマウント103を接合する。はじめに、ステム上の所定位置に、第2のハンダ材104として厚みが10 μ m程度の箔状の $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダを載せる。 $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダの上に

、 $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダとサブマウントを対向させた状態で、半導体レーザ素子チップを搭載したサブマウントをアライメントして設置する。続いて300℃まで昇温して $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダを融解させ、半導体レーザ素子チップを搭載したサブマウントに圧力を加えてサブマウントをステムに接合する。最後に降温して SnAgCu ハンダを固化させ、マウント工程が終了する。

[0052] 以上の方法で、ステム上にAINサブマウントおよび半導体レーザ素子チップを所定位置にマウントできる。

[0053] <ボンディング>

Auの細線からなるp型電極ワイヤをワイヤ107として用い、ステムのピン106と第1の電極211とを、ワイヤボンディング装置を用い接続する。最後に、ステムにキャップを取り付け、窒素ガスが封入された状態とする。以上の方法で半導体レーザ装置が完成する。

[0054] <特性評価>

実施の形態1の方法で、同一ウエハに搭載された半導体レーザ素子を分割して得られた半導体レーザ素子チップ50個に対して、マウント前とマウント後の閾値電流を比較した。閾値電流値は、50個の半導体レーザ素子チップについてマウント前、マウント後各々の平均値として算出する方法で行った。なおマウント後の値については、初期不良により素子特性が大きく劣っていた2個の半導体レーザ素子チップについては、平均値の算出から除外した。素子特性とは、閾値電流、30mWでの駆動電流、駆動電圧のことを示す。

[0055] 半導体レーザ素子チップのマウント前およびマウント後の平均閾値電流値は、マウント前が41mAであったのに対してマウント後は37mAであり、マウント工程後に若干、閾値電流が低減した。半導体レーザ素子チップを支持基体にマウントしたことによって半導体レーザ素子の放熱がよくなり、閾値電流の低減が生じたと考えられる。また、初期不良の2個の半導体レーザ素子チップを除き、48個のチップに関しては素子特性の劣化は見られず、高い歩留りで支持基体へのマウントを行うことが可能であった。

[0056] 次に、作製した半導体レーザ装置をエージング装置に導入し、雰囲気温度を60℃

、出力を30mWとした場合の駆動電流が1.5倍になる時点までの時間を寿命とする寿命試験を行った。寿命試験に投入した半導体レーザ装置48個のうち、初期劣化と思われる不良が4つの半導体レーザ装置で発生した。初期劣化したものを除き、1000時間の寿命試験において、駆動電流が1.5倍まで上昇した半導体レーザ装置はなく、60℃、30mWでの寿命が1000時間以上であることを確認した。

[0057] (実施の形態2)

本実施の形態においては、第2のハンダ材104として、 $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ をあらかじめステムに転写する。

[0058] まず、実施の形態1の方法で、半導体レーザ素子チップをサブマウント上に設置するサブマウント工程を行う。次に、半導体レーザ素子チップを登載したサブマウント103を、ステム105にマウントする。このとき、ステムにはあらかじめ第2のハンダ材104として SnAgCu が転写されている。ステム上への $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ の転写方法は以下の通りである。長さ500nm、幅500 μm 程度のテフロン(登録商標)テープを用意する。次に、テフロン(登録商標)テープに8 μm 程度の $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ を蒸着する。その後、 $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダの付いたテフロン(登録商標)テープを、ステム105にアライメントする。アライメントが終われば、テフロン(登録商標)テープ越しに該ハンダに80kHz程度の超音波振動を照射し、縦500 μm ×横500 μm ×厚さ10 μm の $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダをステム105に転写することができる。

[0059] 次に、ステム105にサブマウント103を接合する。転写した $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダの上に、 $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダとサブマウントを対向させた状態で、半導体レーザ素子チップを搭載したサブマウントをアライメントして設置する。続いて300℃まで昇温して $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダを融解させ、半導体レーザ素子チップを搭載したサブマウントに圧力を加えてサブマウントをステムに接合する。最後に降温して $\text{SnAg}_{0.03}\text{Cu}_{0.005}$ ハンダを固化させ、マウント工程が終了する。

[0060] 以上の方法で、ステム105の上にAINのサブマウント103および半導体レーザ素子チップ101を所定位置にマウントした後、実施の形態1と同様にボンディングを行ない、半導体レーザ装置を完成させる。

[0061] 上記の方法によって得られた半導体レーザ装置について、実施の形態1と同様に

特性評価を行った。

- [0062] その結果、50個の半導体レーザ素子チップのうち、3個の半導体レーザ素子チップに不良が発生したが、残る47個の半導体レーザ素子チップにおいては、マウント前の閾値電流は43mAであったのに対して、マウント後の閾値電流は40mAであった。よってマウント後の特性が良好であることが確認できた。
- [0063] また、上記で不良の発生しなかった47個の半導体レーザ素子チップについての半導体レーザ装置の寿命試験では、4個の装置について初期劣化による不良が生じたが、残りの43個については1000時間後の駆動電流が、初期駆動電流の1.5倍を越えるものではなく、1000時間以上の寿命を有することが確認できた。
- [0064] (実施の形態3)
- 本実施の形態では、第2のハンダ材としてInを用い、ステムにInを転写する。
- [0065] 実施の形態1の方法で、半導体レーザ素子チップ101を、サブマウント103上に設置するサブマウント工程を行う。次に、半導体レーザ素子チップを搭載したサブマウントをステム105にマウントする。このとき、ステムにはあらかじめInが転写されている。ステム上へのInの転写方法は以下の通りである。
- [0066] 長さ500nm、幅500 μ mのテフロン(登録商標)テープを用意し、テフロン(登録商標)テープに厚み10 μ m程度のInを蒸着する。その後、Inハンダの付いたテフロン(登録商標)テープを、ステム105にアライメントする。アライメントが終われば、テフロン(登録商標)テープ越しに該ハンダに80kHz程度の超音波振動を照射し、縦500 μ m×横500 μ m×厚さ10 μ mのInハンダをステムに転写する。
- [0067] 次に、ステム105にサブマウント103を接合する。転写したInハンダの上に、Inハンダとサブマウントを対向させた状態で、半導体レーザ素子チップ101を搭載したサブマウントをアライメントして設置する。続いて300℃まで昇温してInハンダを融解させ、半導体レーザ素子チップを搭載したサブマウントに圧力を加えてサブマウントをステムに接合する。最後に降温してInハンダを固化させ、マウント工程が終了する。
- [0068] 以上の方法で、ステム上にAlNサブマウントおよび半導体レーザ素子チップを所定位置にマウントした後、実施の形態1と同様にボンディングを行ない、半導体レーザ装置を完成させる。

- [0069] 上記の方法で得られた半導体レーザ装置について、実施の形態1と同様の方法で特性評価を行った。
- [0070] 50個の半導体レーザ素子チップに対してマウントを行った結果、3個が初期不良による劣化を示した。残る47個の半導体レーザ素子チップでは、マウント前の閾値が42mAであったのに対して、マウント後の閾値が39mAであった。
- [0071] 上記で不良の発生しなかった47個の半導体レーザ素子チップについての半導体レーザ装置の寿命試験では、4個の装置で初期劣化による不良が生じた。残りの43個の装置については、1000時間後の駆動電流が、初期駆動電流の1.5倍を超えるものではなく、1000時間以上の寿命を有することが確認できた。
- [0072] この発明を詳細に説明してきたが、これは例示のためのみであって、限定とはならず、発明の精神と範囲は添付の請求の範囲によってのみ限定されることが明らかに理解されるであろう。

産業上の利用可能性

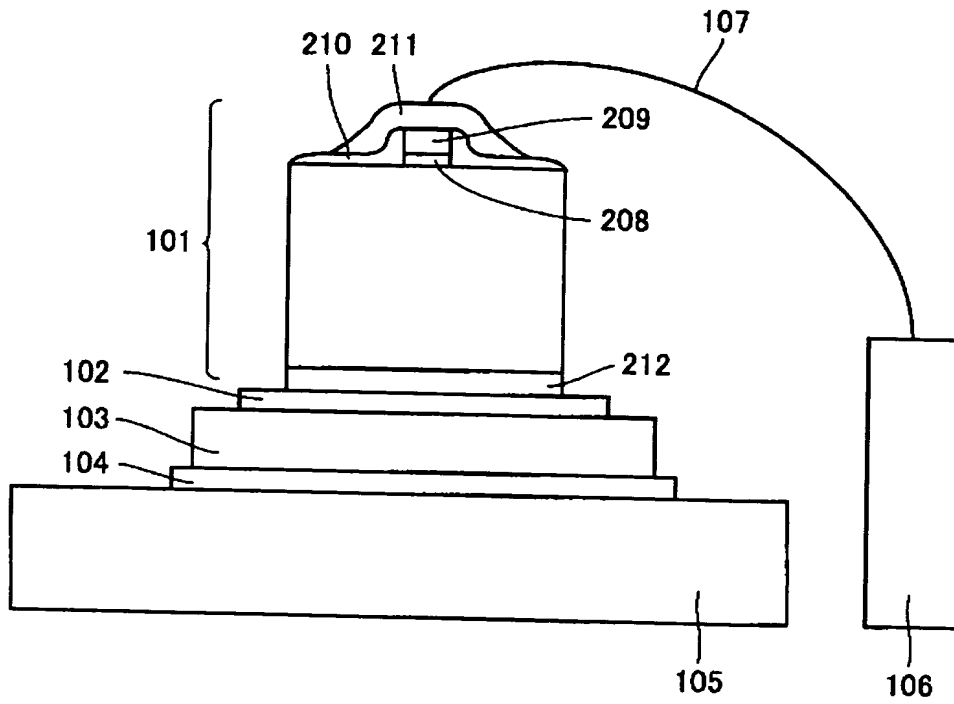
- [0073] 本発明においては、窒化物系半導体発光素子チップとマウント部材との密着強度が高く、かつ放熱性に優れるマウント構造とすることによって、高出力で用いた場合にも優れた信頼性を有し、かつ長時間の寿命特性を有する窒化物系半導体発光装置の製造が可能となる。

請求の範囲

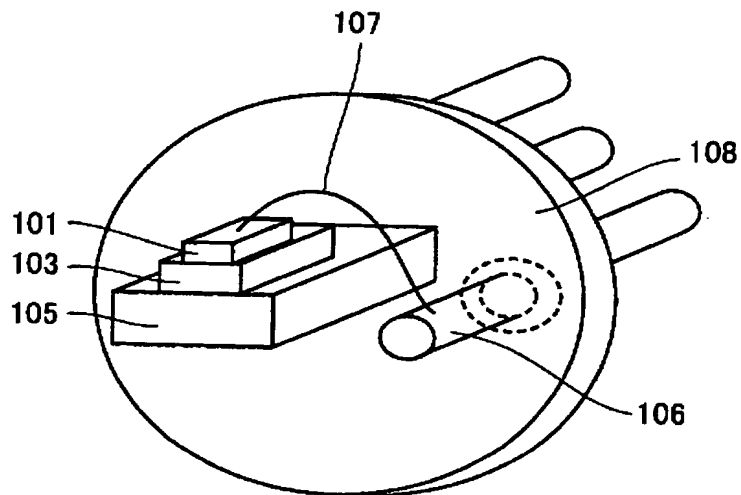
- [1] 導電性基板上に形成された窒化物系半導体発光素子チップと、窒化物系半導体発光素子チップを搭載するための支持基体であるマウント部材としてサブマウント(103)、ハンダ、およびステム(105)とを備えた窒化物系半導体発光装置であって、導電性基板表面に窒化物系半導体層、第1の電極(211)が順次形成され、かつ導電性基板裏面に第1の電極と異なる導電性を有する第2の電極(212)が形成されてなる前記窒化物系半導体発光素子チップを、第2の電極側をサブマウント(103)に対向させた状態で第1のハンダ材(102)を介してサブマウント(103)上にマウントし、さらに前記窒化物系半導体発光素子チップがマウントされた前記サブマウント(103)のサブマウント側をステム(105)に対向させた状態で、第2のハンダ材(104)を介してステム(105)上にマウントされて形成された窒化物系半導体発光装置。
- [2] 前記サブマウント(103)がAINである請求項1に記載の窒化物系半導体発光装置。
- [3] 前記第1のハンダ材(102)が、AuSnであり、前記第2のハンダ材(104)が、SnAgCu、またはInであることを特徴とする、請求項1に記載の窒化物系半導体発光装置。
- [4] 前記導電性基板(201)がn型の窒化物系半導体基板である請求項1に記載の窒化物系半導体発光装置。
- [5] 前記第2の電極(212)は、第1の層としてオーミック電極を導電性基板に形成可能である単層または複数層の金属層もしくは複数の金属層が混合した状態である金属層、第2の層としてバリア金属として機能する単層または複数層の金属層、および第3の層として前記第1のハンダ材と親和性が高い単層または複数層の金属層、の3つの金属層が、導電性基板上にこの順に形成されてなる請求項1に記載の窒化物系半導体発光装置。
- [6] 前記第2の電極(212)において、第1の層がTi、Hf、Alのうち2種類以上の金属を含む層、第2の層がMoとPtとをこの順に形成した積層構造、第3の層がAuを用いた層である請求項1に記載の窒化物系半導体発光装置。
- [7] 前記導電性基板(201)に対し、前記第2の電極(212)を形成する際に前処理とし

てドライエッチングを施して請求項1に記載の窒化物系半導体発光装置を製造することを特徴とする窒化物系半導体発光装置の製造方法。

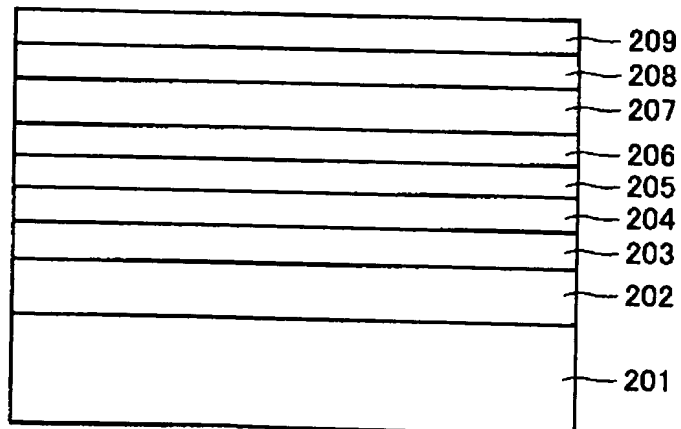
[図1]



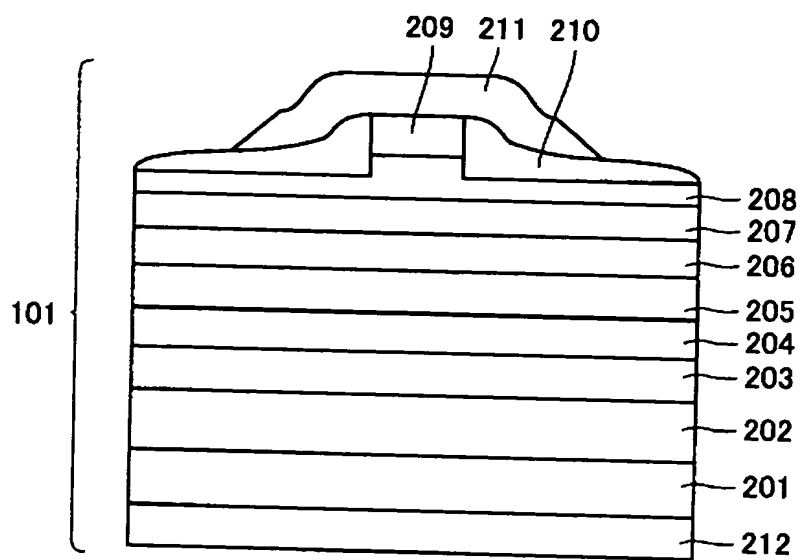
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008604

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01S5/022

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01S5/022

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-101113 A (Sharp Corp.), 04 April, 2003 (04.04.03), Full text; all drawings & US 2003/67950 A1	1, 3-6 2, 7
A	JP 2002-134822 A (Sharp Corp.), 10 May, 2002 (10.05.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
Y	JP 2001-94215 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 06 April, 2001 (06.04.01), Par. Nos. [0007] to [0015]; Fig. 11 (Family: none)	2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 September, 2004 (13.09.04)

Date of mailing of the international search report
28 September, 2004 (28.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008604

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-274140 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 05 October, 2001 (05.10.01), Par. Nos. [0029] to [0033]; Fig. 3 (Family: none)	7
Y	JP 2002-261326 A (President of Nagoya Institute of Technology), 13 September, 2002 (13.09.02), Par. Nos. [0012] to [0016] (Family: none)	7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S 5/022

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S 5/022

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2003-101113 A(シャープ株式会社), 2003. 04. 04, 全文, 全図 & US 2003/67950 A1	1, 3-6 2, 7
A	JP 2002-134822 A(シャープ株式会社), 2002. 05. 10, 全文, 全図(ファミリーなし)	1-7
Y	JP 2001-94215 A(三洋電機株式会社), 2001. 04. 06, [0007]-[0015], 図11(ファミリーなし)	2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 09. 2004

国際調査報告の発送日

28. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉野 三寛

2 K 9010

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-274140 A(松下電器産業株式会社), 2001. 10. 05, [0029]-[0033], 図3(ファミリーなし)	7
Y	JP 2002-261326 A(名古屋工業大学長), 2002. 09. 13, [0012]-[0016](ファミリーなし)	7